

# H18/A11 FSFレーザー距離計測から得られる超高精度3次元点群データの幾何学的処理技術の確立(1節 共同プロジェクト研究の理念と概要, 第4章 共同プロジェクト研究)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
巻	13
ページ	189-190
発行年	2007-08
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/40658">http://hdl.handle.net/10097/40658</a>

課題番号 H18/A11

採択回数 (1) 2 3

## FSF レーザー距離計測から得られる超高精度 3次元点群データの幾何学的処理技術の確立

### [1] 組織

代表者：藤代 一成（東北大学流体科学研究所）  
 対応者：伊藤 弘昌（東北大学電気通信研究所）  
 分担者：竹島 由里子（東北大学流体科学研究所）  
 伊藤克利（宮城県産業技術総合センター）  
 原 武文（(株)光電製作所）  
 濱田 憲人（(株)光電製作所）

研究費：物件費 28 万 2 千円，旅費 13 万 6 千円

### [2] 研究経過

東北大学電気通信研究所伊藤研究室で開発された周波数シフト帰還型レーザー（FSF レーザー）は、超高精度な遠隔 3 次元計測を可能にする装置である。本プロジェクトでは、これにより計測された大規模点群データを幾何学的に処理することにより、将来的に生産現場における検査システムへの適用やリバーサエンジニアリング手法等の活用を可能にするような基礎技術を確立することを目的として研究を行った。本年度はその初年度に相当する。

本年度は、下記のように計 4 回の研究打合せを行った。

- 第 1 回：平成 18 年 3 月 2 日 於：伊藤研究室  
プレキックオフ、技術紹介
- 第 2 回：平成 18 年 4 月 24 日 於：伊藤研究室  
キックオフ並びに目標設定
- 第 3 回：平成 18 年 5 月 18 日 於：流体研  
点群処理ソフトの調査
- 第 4 回：平成 18 年 12 月 20 日 於：伊藤研究室  
離散データ処理ソフトに関する討論

### [3] 成果

#### (3-1) 研究成果

従来、点群によって構成されるサーフェス構造をレンダリングするには、三角化によって隣接点から局所ポリゴンの集合を生成した後、スムーズシェーディングを施すか、パラメタライズされた点群から

制御点のネットワークを構成し、NURBS のような自由曲面で近似するかのいずれかが必要であった。これらに共通する問題は、点群の規模が大きいため、その接続関係を記述するデータ構造の容量が大きくなり、レンダリングの処理時間も多くならざるを得ないという点であった。しかし、もし応用が描画に限定されるなら、三角化のような前処理は本来必要としないはずである。実際、Pfister らは 2000 年に、サーフェル (surfels, surface cells) とよばれる、新たな点群近似手法を提案し、当時の典型的な計算環境を用いて、数万点から構成される複雑な剛体を実時間でレンダリングすることに成功している。

藤代らは 2003 年に、このサーフェルの定義を拡張し、剛体だけでなく、散逸データや半透明物体も同一の枠組みでレンダリングできるようにした。これを拡張サーフェル (extended surfels) とよぶ。

図 1 に、拡張サーフェルのプリミティブの定義を示す。各プリミティブは円盤状をなし、中心位置ベクトル ( $P$ )、法線ベクトル ( $N$ )、半径 ( $r$ )、円盤色 ( $C$ )、不透明度 ( $\alpha$ ) の 5 つのパラメータを有する。これを標本点上に適切に配置することによって、物体表面を魚の鱗のように覆って近似する。

拡張サーフェルは、特に半径の制御により、散逸物体から剛体までを統一的に表現できるだけでなく、不透明度の選択によって不透明物体から半透明物体までもシームレスに表現することができる点が特徴的である。実際これまでも、多孔物質内のコロイド粒子の移動シミュレーションや、砕波の表現に効果的に利用されてきた実績がある。

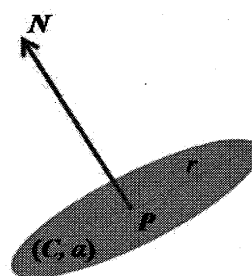
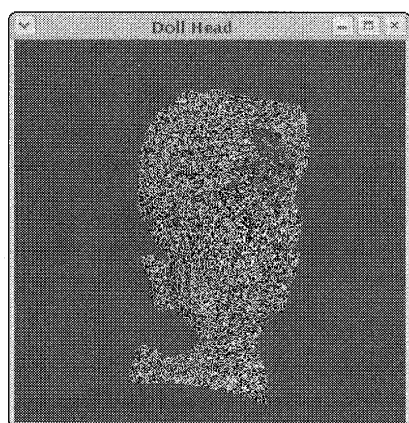


図 1 拡張サーフェルの定義

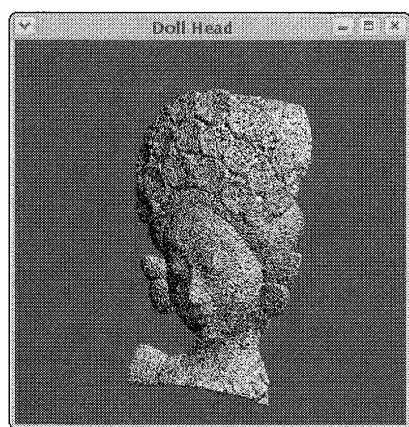
本プロジェクトの第1の成果は、この拡張サーフェルの処理系を用いて、FSF レーザーで計測された数十万点規模の点群データも、効果的にレンダリングできることを検証したことにある。

レーザー計測された点群の間には幾何学的な相関性が一切ない。そこで、この種のデータを処理する際には、拡張サーフェルプリミティブの法線をどのように推定するかがキーポイントとなる。なぜならば、この法線情報を照明モデルに適用して、各円盤の輝度を決定しない限り、計測物体の奥行き感が完全に消失してしまうからである。そこで我々は、与えられたプリミティブ中心に対して、隣接点候補から無限小の接平面の法線を効果的に推定する多重解像度解析機構を開発した。なお、プリミティブの半径に関しては、計測条件から穴の発生しない限界値が求められるので、それを利用して決定することにした。

我々は、Red Hat Linux が搭載された標準的PC上にプロトタイプシステムを実装した。実装に用いたプログラミング言語はC++、グラフィックライブラリはOpenGLである。



(a) 反射信号強度を利用しない場合



(b) 推定輝度を用いた場合

図2 FSF レーザー計測された人形頭部の拡張サーフェルレンダリング

図2はFSF レーザー計測された360,965点から構成される人形頭部のレンダリング結果である。反射信号強度を利用しない場合、3次元の手がかりが一切失われていることがわかる(図2(a))。一方、推定法線を Phong の照明モデルに入力して得られた輝度を利用して各プリミティブを描いた場合には、人形頭部の3次元的特徴がきちんと復元されていることがわかる(図2(b))。これと同一の結果は、FSF レーザーで計測される反射信号強度を利用して求められるが、固定された照明環境のなかで、異なる任意の方向から対象を再描画する場合には、その輝度をそのまま利用することができないことに注意されたい。これが、拡張サーフェルに対して開発された法線推定機構を利用する最大のメリットである。

なお、円盤表面に不透明度のガウス分布を適用して、アンチエイリアシングを実現することが、レンダリング結果の品質をさらに改善する課題として残されている。

### (3-2) 波及効果と発展性など

拡張サーフェルの利用には、多くの潜在的な応用がある。もし、拡張サーフェルによってソリッドテクスチャリングが可能になれば、従来の幾何学的モデルと同様に、デジタルマテリアルの各種シミュレーションに役立てることができる。特に大事な点は、拡張サーフェルを利用することによって、入力から出力まで、一切ポリゴンのような仲介データ構造を導入する必要がなく、点群のような離散的データ構造だけを利用した効率的な処理系が構築できていることである。この考え方は、光造形技術を活用したリバースモデリングにまで拡張でき、3次元CADと連動させることにより、開発期間を短縮し、新製品の開発コストを低減化することもできる。さらに、精細な文化財保存を目指したデジタルアーカイビングへの応用も期待できる。

### [4] 成果資料

- (1) I. Fujishiro, Y. Takeshima, T. Hara, and Hiromasa Ito: "Extended Surfels Approach to Efficient Rendering of FSF Laser-Measured Point Clouds," *Annual Report 2006, Laboratory of Applied Quantum Optics, Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, March 2007, Section 4.2.*